

M thod of manufacturing mask and m thod of manufacturing semiconductor int grat d circuit d vicPatent Number: ☐ US2003139055

Publication date: 2003-07-24

Inventor(s): HOGA MORIHISA (JP); KUBO SHINJI (JP); HASEGAWA NORIO (JP); HAYANO KATSUYA (JP); TAKAYA HIRONOBU (JP); KOIZUMI YASUHIRO (JP)

Applicant(s):

Requested Patent: ☐ JP2003287875

Application Number: US20030349026 20030123

Priority Number (s): JP20020202071 20020711; JP20020015525 20020124

IPC

Classification: C23F1/00; B44C1/22; C03C15/00; H01L21/461

EC

Classification:

Equivalents: CN1455439

Abstract

The manufacturing time of a mask is shortened. In a defect inspection of a mask having a light-shielding portion composed of a resist film, the presence or absence of defects, such as burr and film loss of a resist pattern on the mask, and foreign matters, etc. is inspected by reading optical information on either or both of reflection light and transmission light with respect to inspection light irradiated to the mask by the use of a foreign-matter inspection system. More specifically, in the inspection of the mask, it is possible to perform the defect inspection without performing a comparison inspection that requires a great amount of measuring time and advanced techniques. Therefore, the inspecting process of the mask can be simplified, and also the inspecting time of the mask can be shortened.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-287875

(P2003-287875A)

(43) 公開日 平成15年10月10日 (2003. 10. 10)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 3 F 1/08

識別記号

F I

G 0 3 F 1/08

テーマコード* (参考)

S 2 H 0 9 5

J

T

J

Z

1/14

1/14

審査請求 未請求 請求項の数35 O L (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-202071 (P2002-202071)

(22) 出願日 平成14年7月11日 (2002. 7. 11)

(31) 優先権主張番号 特願2002-15525 (P2002-15525)

(32) 優先日 平成14年1月24日 (2002. 1. 24)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71) 出願人 000002897

大日本印刷株式会社

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

(72) 発明者 長谷川 昇雄

東京都青梅市新町六丁目16番地の3 株式

会社日立製作所デバイス開発センタ内

(74) 代理人 100080001

弁理士 筒井 大和

最終頁に続く

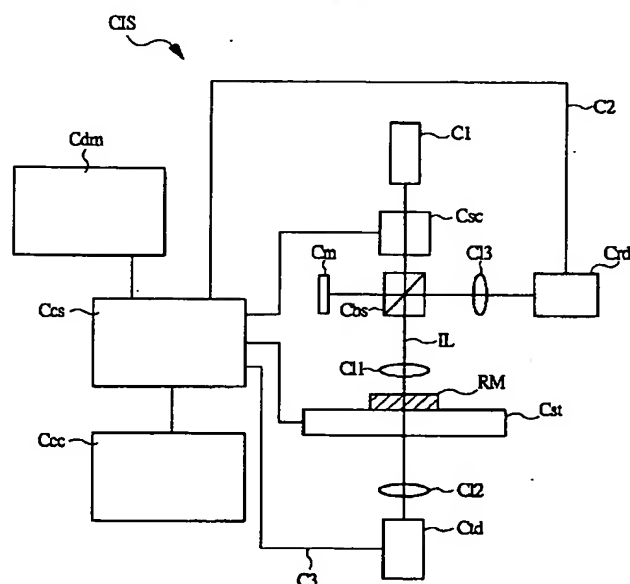
(54) 【発明の名称】 マスクの製造方法および半導体集積回路装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 マスクの製造時間を短縮する。

【解決手段】 遮光体をレジスト膜で構成するマスク R M の欠陥検査において、異物検査装置 C I S を用い、マスク R M に照射された検査光に対する反射光、透過光またはその両方の光学情報を読み取ることにより、マスク R M 上のレジストパターンの捲れ、膜べり、異物等のような欠陥の有無を検査する。すなわち、マスク R M の検査において、多くの測定時間と高度な技術が要求される比較検査を行わないで、欠陥検査を行うことができる。したがって、マスク R M の検査工程を簡略化でき、また、マスクの検査時間を短縮できる。

図 5



CIS: 異物検査装置
RM: マスク

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 露光光に対する遮光体をレジスト膜で構成するマスクの検査において、比較検査せずに、マスクに照射された検査光に対する反射光、透過光またはその両方の光学情報を読み取ることで前記マスクを検査する工程を有することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載のマスクの製造方法において、前記マスクを異物検査装置により検査することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 3】 以下の工程を有することを特徴とするマスクの製造方法：

(a) マスク基板を用意する工程、(b) 前記マスク基板の第 1 主面上にマスクを用いた露光処理における露光光に対して遮光性を有するレジスト膜を堆積する工程、

(c) 前記 (b) 工程後、前記マスク基板に照射された検査光に対する反射光、透過光またはその両方の光学情報を読み取り検査する第 1 検査工程、(d) 前記マスク基板上のレジスト膜に露光処理によってパターンを転写した後、現像処理を施すことによりレジストパターンを形成する工程、(e) 前記 (d) 工程後、比較検査をせずに、前記マスク基板に照射された検査光に対する反射光、透過光またはその両方の光学情報を読み取り検査する第 2 検査工程。

【請求項 4】 請求項 3 記載のマスクの製造方法において、前記第 1、第 2 検査工程において異物検査装置を用いることを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 5】 請求項 3 記載のマスクの製造方法において、前記第 1 検査工程において欠陥有りとは判定された場合には、前記レジスト膜を剥離し、前記マスク基板を再生させる工程を有することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 6】 請求項 3 記載のマスクの製造方法において、前記第 2 検査工程において欠陥有りとは判定された場合には、前記レジストパターンを剥離し、前記マスク基板を再生させる工程を有することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 7】 請求項 3 記載のマスクの製造方法において、前記第 2 検査工程において欠陥有りとは判定された場合には、欠陥を修正する工程を有することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 8】 請求項 3 記載のマスクの製造方法において、前記 (d) 工程後、前記 (e) 工程前に、前記マスク基板の第 1 主面側にペリクルを装着する工程を有することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 9】 以下の工程を有することを特徴とするマスクの製造方法：

(a) マスク基板を用意する工程、(b) 前記マスク基板の第 1 主面上にマスクを用いた露光処理における露光光に対して遮光性を有するレジスト膜を堆積する工程、(c) 前記マスク基板上のレジスト膜に露光処理によ

てパターンを転写した後、現像処理を施すことによりレジストパターンを形成する工程、(d) 前記 (c) 工程後、比較検査をせずに、前記マスク基板に照射された検査光に対する反射光、透過光またはその両方の光学情報を読み取り検査する検査工程。

【請求項 10】 請求項 9 記載のマスクの製造方法において、前記検査工程において異物検査装置を用いることを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 11】 請求項 9 記載のマスクの製造方法において、前記検査工程において欠陥有りとは判定された場合には、前記レジストパターンを剥離し、前記マスク基板を再生させる工程を有することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 12】 請求項 9 記載のマスクの製造方法において、前記検査工程において欠陥有りとは判定された場合には、欠陥を修正する工程を有することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 13】 請求項 9 記載のマスクの製造方法において、前記 (c) 工程後、前記 (d) 工程前に、前記マスク基板の第 1 主面側にペリクルを装着する工程を有することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 14】 以下の工程を有することを特徴とするマスクの製造方法：

(a) マスク基板を用意する工程、(b) 前記マスク基板の第 1 主面上にマスクを用いた露光処理の露光光に対して遮光性を有する金属膜を堆積する工程、(c) 前記金属膜を加工することにより金属パターンを形成する工程、(d) 前記 (c) 工程後のマスクを検査する検査工程、(e) 前記マスク基板の第 1 主面上にマスクを用いた露光処理における露光光に対して遮光性を有するレジスト膜を堆積する工程、(f) 前記 (e) 工程後、前記マスク基板に照射された検査光に対する反射光、透過光またはその両方の光学情報を読み取り検査する第 1 検査工程、(g) 前記マスク基板上のレジスト膜に露光処理によってパターンを転写した後、現像処理を施すことによりレジストパターンを形成する工程、(h) 前記

(g) 工程後、比較検査をせずに、前記マスク基板に照射された検査光に対する反射光、透過光またはその両方の光学情報を読み取り検査する第 2 検査工程。

【請求項 15】 請求項 14 記載のマスクの製造方法において、前記第 1、第 2 検査工程において異物検査装置を用いることを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 16】 請求項 14 記載のマスクの製造方法において、前記第 1 検査工程において欠陥有りとは判定された場合には、前記レジスト膜を剥離し、前記マスク基板を再生させる工程を有することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 17】 請求項 14 記載のマスクの製造方法において、前記第 2 検査工程において欠陥有りとは判定された場合には、前記レジストパターンを剥離し、前記マ

ク基板を再生させる工程を有することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 18】 請求項 14 記載のマスクの製造方法において、前記第 2 検査工程において欠陥有りと判定された場合には、欠陥を修正する工程を有することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 19】 請求項 14 記載のマスクの製造方法において、前記 (g) 工程後、前記 (h) 工程前に、前記マスク基板の第 1 主面側にペリクルを装着する工程を有することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 20】 以下の工程を有することを特徴とするマスクの製造方法：

(a) 作成されたマスクが、遮光体をレジスト膜で構成する第 1 マスクか、それとも遮光体を金属膜で構成する第 2 マスクかを判定する工程、(b) 前記判定結果に応じてマスクの検査方法を変更する工程。

【請求項 21】 請求項 20 記載のマスクの製造方法において、前記 (a) において作成されたマスクが第 1 マスクであると判定した場合、前記 (b) 工程においては、比較検査をせずに、前記第 1 マスクに照射された検査光に対する反射光、透過光またはその両方の光学情報を読み取ることで第 1 マスクを検査することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 22】 請求項 20 記載のマスクの製造方法において、前記 (a) において作成されたマスクが第 2 マスクであると判定した場合、前記 (b) 工程は、(b 1) 前記第 2 マスクに照射された検査光に対する反射光、透過光またはその両方の光学情報を読み取ることで第 2 マスクを検査する工程、(b 2) 前記第 2 マスクを比較検査法により検査する工程を有することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 23】 遮光体をレジスト膜で構成するマスクの検査において、非比較方式で前記マスクを検査する工程を有することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 24】 以下の工程を有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法：

(a) 遮光体をレジスト膜で構成するマスクを作成する工程、(b) 前記マスクの検査において、比較検査せずに、マスクに照射された検査光に対する反射光、透過光またはその両方の光学情報を読み取ることで前記マスクを検査する工程、(c) 前記 (b) 工程で合格したマスクを用いた縮小投影露光処理によりウエハ上のレジスト膜に所望のパターンを転写する工程。

【請求項 25】 露光光に対する遮光体をポジ型のレジスト膜で構成するホールパターン転写用のマスクの検査において、前記マスクに照射された検査光に対する反射光、透過光またはその両方を読み取ることで前記マスクの前記ポジ型のレジスト膜の未開口部を検出する検査工程を有することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 26】 請求項 25 記載のマスクの製造方法に

おいて、所定のエネルギービームに反応する反応剤を含む前記ポジ型のレジスト膜に前記所定のエネルギービームによりホールパターンを転写する工程を経た後、前記検査工程により前記未開口部を検出する工程を有することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 27】 請求項 25 記載のマスクの製造方法において、前記検査工程では、前記検査光に対する未開口部の反射光、透過光またはその両者の強度が変化することで前記未開口部を検出することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 28】 請求項 25 記載のマスクの製造方法において、前記検査工程は、前記マスクにペリクルを装着した後に行うことを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 29】 請求項 25 記載のマスクの製造方法において、前記ポジ型のレジスト膜の膜厚を調節することにより、前記検査光に対する反射光、透過光またはその両方の検出感度を調節することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 30】 以下の工程を有することを特徴とするマスクの製造方法：

(a) マスク基板を用意する工程、(b) 前記マスク基板の第 1 主面上にマスクを用いた露光処理における露光光に対して遮光性を有するポジ型のレジスト膜を堆積する工程、(c) 前記マスク基板上のレジスト膜に所定のエネルギービームを用いた露光処理によってホールパターンを転写する工程、(d) 前記 (c) 工程後のマスクに対して現像処理を施す工程、(e) 前記マスク基板に照射された検査光に対する反射光、透過光またはその両方の光学情報を読み取ることで前記マスクの前記ポジ型のレジスト膜の未開口部を検出する検査工程。

【請求項 31】 請求項 30 記載のマスクの製造方法において、前記ポジ型のレジスト膜は、前記所定のエネルギービームに反応する反応剤を含有することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 32】 請求項 30 記載のマスクの製造方法において、前記 (e) の検査工程では、前記検査光に対する未開口部の反射光の強度が変化することで前記未開口部を検出することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 33】 請求項 30 記載のマスクの製造方法において、前記 (e) の検査工程は、前記 (d) 工程後、前記マスクにペリクルを装着した後に行うことを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 34】 請求項 30 記載のマスクの製造方法において、前記ポジ型のレジスト膜の膜厚を調節することにより、前記検査光に対する反射光、透過光またはその両方の検出感度を調節することを特徴とするマスクの製造方法。

【請求項 35】 以下の工程を有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法：

(a) 遮光体をポジ型のレジスト膜で構成するホールパ

ターン転写用のマスクを作成する工程、(b)前記マスクの検査において、マスクに照射された検査光に対する反射光、透過光またはその両方の光学情報を読み取ることによって前記マスクの前記ポジ型のレジスト膜の未開口部を検出する検査工程、(c)前記(b)工程で合格したマスクを用いた縮小投影露光処理によりウエハ上のレジスト膜にホールパターンを転写する工程。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マスクの製造方法および半導体集積回路装置の製造技術に関し、特に、露光技術に適用して有効な技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】露光技術で用いられる一般的なマスクは、露光光に対して透明なマスク基板上に、クロム等のような金属膜からなる遮光パターンを設ける構造を有している。その製造工程は、例えば次のようなものがある。まず、透明なマスク基板上に遮光用のクロム等からなる金属膜を堆積し、その上に電子線感応レジスト膜を塗布する。続いて、電子線描画装置等により電子線を電子線感応レジスト膜の所定の箇所に照射し、これを現像してレジストパターンを形成する。その後、そのレジストパターンをエッチングマスクとして下層の金属膜をエッチングすることにより金属膜からなる遮光パターンを形成する。最後に残った電子線感応レジスト膜を除去してマスクを製造する。しかし、この構成のマスクでは、製造工程数が多く、コストが高くなる問題や遮光パターンを等方性エッチングで加工することから加工寸法精度の低下の問題がある。この問題を考慮した技術として、例えば特開平5-289307号公報には、通常の電子線感応レジスト膜や光感応レジスト膜がA r Fエキシマレーザに対して透過率を0%にできることを利用して、マスク基板上の遮光パターンをレジスト膜で構成する技術が開示されている。なお、株式会社工業調査会、1996年8月20日初版第1刷発行、「フォトマスク技術のはなし」p63～p75には、マスクの欠陥検査技術、欠陥修正技術等について詳細に説明されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記した遮光パターンをレジスト膜で構成するマスクによれば、クロムのエッチング工程やレジスト膜の除去工程が不要となり、マスクの製造時間の短縮、マスク上のパターンの寸法精度の向上、欠陥の低減およびマスクのコスト低減等が可能である。しかし、遮光パターンをレジスト膜で構成するマスクについては、検討がなされたばかりであり、実際に生産する上で欠陥検査のスループットを如何にして向上させるかについて十分な考慮がなされていない、という課題がある。

【0004】本発明の目的は、マスクの製造時間を短縮することのできる技術を提供することにある。

【0005】また、本発明の他の目的は、半導体集積回路装置の製造時間を短縮することのできる技術を提供することにある。

【0006】本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

【0007】

【課題を解決するための手段】本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

【0008】すなわち、本発明は、遮光体をレジスト膜で構成するマスクの検査において、マスクに照射された検査光に対する反射光、透過光またはその両方の光学情報を読み取り前記マスクを検査する工程を有するものである。

【0009】また、本発明は、遮光体をレジスト膜で構成するマスクに検査光を照射する工程、前記検査光の照射により前記マスクから得られた反射光または透過光の少なくとも一方の光学情報を読み取ることにより前記マスクを検査する工程、前記検査工程を経て得られたマスクを用いた縮小投影露光処理によってウエハ上のレジスト膜に所望のパターンを転写する工程を有するものである。

【0010】

【発明の実施の形態】本願発明を詳細に説明する前に、本願における用語の意味を説明すると次の通りである。

【0011】1. ウエハとは、半導体集積回路の製造に用いるシリコン単結晶基板（半導体ウエハまたは半導体集積回路ウエハ；一般にほぼ平面円形状）、サファイア基板、ガラス基板その他の絶縁、反絶縁または半導体基板等並びにそれらの複合的基板を言う。

【0012】2. デバイス面とは、ウエハの主面であってその面にフォトリソグラフィにより、複数のチップ領域に対応するデバイスパターンが形成される面を言う。

【0013】3. マスク：パターン原画が描かれた基板の総称で、パターンの原寸法の数倍のパターンが形成されるレチクルを含む。可視、紫外光等を用いた露光装置に用いられる。マスクには、通常マスク、位相シフトマスクおよびレジストマスクがある。

【0014】4. 通常マスク（メタルマスクまたはクロムマスク）：透明なマスク基板上に、メタルからなる遮光パターンと、光透過パターンとでマスクパターンを形成した一般的なマスクのことを言う。

【0015】5. ハーフトーン型位相シフトマスク：位相シフトマスクの一種でシフトと遮光膜を兼用するハーフトーン膜の透過率が1%以上、40%未満で、それが無い部分と比較したときの位相シフト量が光の位相を反転させるハーフトーンシフトを有するものである。

【0016】6. レジストマスクまたはレジスト遮光体マスク：本願でレジストマスクというのは、一般に感光

性レジストをベースとした膜を電子線（イオンビーム）や光（真空紫外、遠紫外、近紫外等の紫外線、可視光）等のエネルギービームリソグラフィやフォトリソグラフィの手法で感光してマスク基板上にパターンニングしたものを言う。遮蔽膜としては真空紫外、遠紫外、近紫外等の紫外線、可視光の全部または一部を遮蔽する。感光性は上記樹脂自体の属性であり（但し、必要があれば光吸収剤や光散乱物質を添加する場合もある）、ハロゲン化銀等の添加組成物が感光性の主体をなすエマルジョンマスク等は原則として、ここで言うレジストマスクに対応しないものとする。すなわち、現像して初めて所望の遮光性を発揮するものではなく、現像前から、又はマスク基板上に塗布等した時点ですでに遮光性を有するものである。ただし、それらを含めて各種の添加物を含むことを許容することは言うまでもない。レジストは一般に有機樹脂を主要な樹脂成分とするものであるが、無機物を添加することを許容する。

【0017】7. 半導体の分野では紫外線は以下のように分類する。波長が400nm程度未満で、50nm程度以上を紫外線、300nm以上を近紫外線、300nm未満、200nm以上を遠紫外線、200nm未満を真空紫外線。なお、本願の主な実施の形態は、250nm未満、200nm以上のKrFエキシマレーザによる遠紫外域でも可能であることは言うまでもない。また、100nm未満、50nm以上の紫外線の短波長端領域及び400nm程度から500nm程度の可視短波長短領域でも本発明の原理を適用することは同様に可能である。

【0018】8. 「遮光（遮光領域、遮光膜、遮光パターン等）」と言うときは、その領域に照射される露光光のうち、40%未満を透過させる光学特性を有することを示す。一般に数%から30%未満のものが使われる。特に従来のクロムマスクの代替として使用されるバイナリマスク（またはバイナリ遮光パターン）では、その遮光領域の透過率がほぼ0、すなわち、1%未満、望ましくは0.5%未満、更に実際的には0.1%未満である。一方、「透明（透明膜、透明領域）」と言うときは、その領域に照射される露光光のうち、60%以上を透過させる光学特性を有することを示す。透明領域の透過率は、ほぼ100%、すなわち、90%以上、望ましくは99%以上である。

【0019】9. マスク遮光材料に関して「メタル」と言うときは、クロム、酸化クロム、その他の金属の同様な化合物を指し、広くは金属元素を含む単体、化合物、複合体等で遮光作用のあるものを含む。

【0020】10. レジスト膜とは、一般に有機溶剤、ベース樹脂および感光剤を主成分とし、その他の成分も加わって構成されている。紫外線または電子線等のような露光光により感光剤は、光化学反応を起こし、その光化学反応による生成物が、あるいはその光化学反応によ

る生成物が触媒となる反応により、ベース樹脂の現像液への溶解速度を大きく変化させ、露光および露光後に行われる現像処理によりパターンを形成するものを言う。露光部でのベース樹脂の現像液への溶解速度が小から大に変化するものをポジ型のレジストといい、露光部でのベース樹脂の現像液への溶解速度が大から小に変化するものをネガ型のレジストという。一般的なレジスト膜では、主成分中に無機材料は含まれないが、例外としてSiを含有するレジスト膜もこのレジスト膜に含まれるものとする。一般的なレジスト膜と感光性SOG（Spin On Glass）との違いは、感光性SOGでは、主成分中にSi-OやSi-N等が含まれ、この部分が無機材料である点である。感光性SOGの主骨格は、SiO₂である。有機か無機かの違いは、末端部分にCH₃等が結合しているか否で決まる。一般に有機で末端させた方が安定であり、広く使われているが、感光性SOGの主要部とは関係無く、有機または無機のいずれでも可能である。

【0021】11. 半導体集積回路装置というときは、シリコンウエハやサファイア基板等のような半導体または絶縁体基板上に作られるものだけでなく、特に、そうでない旨明示された場合を除き、TFT（Thin-Film-Transistor）およびSTN（Super-Twisted-Nematic）液晶等のようなガラス等のような他の絶縁基板上に作られるもの等も含むものとする。

【0022】12. ホールパターン：ウエハ上で露光波長と同程度又はそれ以下の二次元的寸法を有するコンタクトホール、スルーホール等の微細パターン。一般には、マスク上では正方形またはそれに近い長方形あるいは八角形等の形状であるが、ウエハ上では円形に近くなることが多い。

【0023】13. ラインパターン：ウエハ上で配線等を形成する帯状のパターンをいう。

【0024】以下の実施の形態においては便宜上その必要があるときは、複数のセクションまたは実施の形態に分割して説明するが、特に明示した場合を除き、それらはお互いに無関係なものではなく、一方は他方の一部または全部の変形例、詳細、補足説明等の関係にある。

【0025】また、以下の実施の形態において、要素の数等（個数、数値、量、範囲等を含む）に言及する場合、特に明示した場合および原理的に明らかに特定の数に限定される場合等を除き、その特定の数に限定されるものではなく、特定の数以上でも以下でも良い。

【0026】さらに、以下の実施の形態において、その構成要素（要素ステップ等も含む）は、特に明示した場合および原理的に明らかに必須であると考えられる場合等を除き、必ずしも必須のものではないことは言うまでもない。

【0027】同様に、以下の実施の形態において、構成要素等の形状、位置関係等に言及するときは、特に明示

した場合および原理的に明らかにそうでないと考えられる場合等を除き、実質的にその形状等に近似または類似するもの等を含むものとする。このことは、上記数値および範囲についても同様である。

【0028】また、本実施の形態を説明するための全図において同一機能を有するものは同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

【0029】また、本実施の形態で用いる図面においては、平面図であっても図面を見易くするためにハッチングを付す場合もある。

【0030】また、本実施の形態においては、電界効果トランジスタを代表するMIS・FET (Metal Insulator Semiconductor Field Effect Transistor) をMISと略し、pチャネル型のMIS・FETをpMISと略し、nチャネル型のMIS・FETをnMISと略す。

【0031】以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

【0032】(実施の形態1) 本実施の形態1のマスクの製造工程における要部断面図を図1および図2に示す。まず、図1に示すように、本実施の形態1のマスクを構成するマスク基板1を用意する。このマスク基板1は、例えば露光光に対して透明な平板状の合成石英ガラス板からなり、第1主面とその反対面(裏面)側の第2主面とを有している。続いて、このマスク基板1の第1主面上に、例えばネガ型の電子線感応レジスト膜2を塗布した後、所望のパターンの部分に電子線EBを選択的に照射する。その後、通常の方法で現像処理を行なうことにより、図2に示すように、所望の形状のレジストパターン2aをマスク基板1の第1主面上に形成しマスクRMを作成した。このレジストパターン2aは、本実施の形態1のマスクRMを用いる露光装置の露光光を遮光する材料からなっており、上記通常マスクにおいて遮光材料として用いられているクロム(Cr)膜等と同様に露光光を遮光する特性を持っている。なお、本実施の形態1のマスクRMのようなレジストマスクについては、例えば本願発明者を含む特願平11-185221号(平成11年6月30日出願)、特願2000-246466号(平成12年8月15日出願)、特願2000-246506号(平成12年8月15日出願)、特願2000-308320号(平成12年10月6日出願)、特願2000-316965号(平成12年10月17日出願)または特願2000-328159号(平成12年10月27日出願)等に記載がある。

【0033】次に、本実施の形態1のマスクRMのようなレジストマスクにおける欠陥発生の状況およびその検査方法を図3および図4により説明する。図3および図4は、マスク製造工程中の要部断面図を示している。まず、図3に示すように、マスク基板1の第1主面上に、電子線感応レジスト膜2を塗布した際、電子線感応レジ

スト膜2中に異物3aが存在しパターン形成時に欠陥となることが心配される。この対処方法例として、本実施の形態1では、電子線感応レジスト膜2を塗布した後に、半導体集積回路装置の製造工程やマスクの製造工程で一般的に用いられている異物検査装置により欠陥検査を行ない、欠陥が存在する場合は、マスク基板1の第1主面上の電子線感応レジスト膜2を除去し再生処理とした。一方、この欠陥検査に合格したレジスト塗布済みマスク基板1を次工程に進めた。すなわち、通常の電子線描画処理および現像処理を経てマスク基板1の第1主面上に所望のレジストパターンを形成した。図4は、このレジストパターン2aを形成した後のマスク基板1の要部断面図を示している。ここでは、所望のレジストパターン2a以外に、異物3b、レジストパターン2aの捲れ2a1、レジストパターン2の膜べり2a2等のような欠陥が例示されている。本実施の形態1においては、このような欠陥を、上記と同様の異物検査装置を用いて検査した。

【0034】上記異物検査装置としては、例えばKLA社のSTAR light等が代表的なものである。異物検査装置の一例を図5により説明する。この異物検査装置CISは、マスクRMに照射した検査光の透過光による検査、反射光による検査、透過光と反射光とを用いた検査および位相シフト原理に関する検査が可能であり、被検査物(マスクRM)からのさまざまな情報を得ることができる。レーザ光源C1から出射した検査光ILは、スキャナCsおよびビームスプリッタCbsを通り、対物レンズC11を介してステージCst上の被検査用のマスクRMに照射する。マスクRMは、その第1主面(すなわち、レジストパターン2aが形成された面)をレーザ光源C1側に向けた状態でステージCst上に置かれている。このマスクRMを透過した光は、集光レンズC12を通り透過光検出器Ctdで検出される。一方、マスクRMから反射された光は、ビームスプリッタCbs、集光レンズC13を通り反射光検出器Crdで検出される。検出された信号は経路C2、C3を通じて中間システムCcsと制御用コンピュータCccで処理され、欠陥の有無が判定される。欠陥情報等のデータはデータベース保存部Cdmに保存される。検査光としては、例えば波長365nmまたは436nmの長波長のレーザ光を用いている。もちろん検査光として短波長の光を用いても良い。これにより、検査の分解能力を向上させることができる。また、図5中の符号Cmは、位相シフト原理に関する検査を行う際に位相差が生じるような光の経路を形成するための鏡である。

【0035】次に、この異物検査装置CISによるマスク検査の可否を説明する。図6～図8は、レジストマスクを異物検査装置CISで検査した場合を示している。図6は、上記欠陥が存在するレジストマスク(マスクRM)の要部断面図を示している。異物3c、3dと、レ

ジストパターン2aの捲れ2a1と、レジストパターン2aの膜べり部2a2とが異常部である。このマスクRMからの反射光を検出した時に得られる情報を図7に示す。図7は、マスクRMの被検査対象面（すなわち、第1主面）の要部の状態を模式的に示している。丸状の異物3c、3dは、照射された検査光の散乱の影響で黒く見える。一方、捲れ2a1および膜べり2a2は、電子線感応レジスト膜2の実効的な膜厚変動の影響により電子線感応レジスト膜2の面内での検査光の干渉の状態が変化し、反射光の強度が変化して見えた。図8は、図7の様子を反射光強度の検出波形で模式的に示したグラフである。欠陥の無い通常のレジストパターン2aの部分で得られる光強度の範囲からずれた部分が欠陥部分と対応している。このように、本実施の形態1によれば、マスクRMにおける通常のレジストパターン2aの部分で得られる反射光強度のレベルの違いを検出することにより、マスクRMにおける上記欠陥の有無を判定することができる。

【0036】また、図9～図11に示すように、反射光と透過光の光強度の差からマスクの欠陥部を効率良く検出することも可能である。図9は検査対象のクロムマスクの要部断面図、図10は図9のクロムマスク（通常のマスク）における反射光と透過光との強度分布、図11は図10の透過光強度と反射光強度の差分の分布を示している。ここでは、説明しやすいようにクロムマスクの場合を示す（レジストマスクの場合は反射光と透過光の強度が明確でないため記載し難いのでクロムマスクの場合で説明する）。クロムマスクからの透過光TLと、反射光RL1とは、パターン4aの有無で互いに反転し、互いの差分はほぼ0（零）となる。しかし、クロムマスク上に異物3e等が存在する場合、異物3eに照射された検査光は異物3eの表面で乱反射する結果、異物3eからの反射光RL2の光強度は低下し、パターン4aからの反射光の強度に比較的小さい値となる。両者の差分は大きな値を示し、欠陥と認識することが可能となる。マスクRMの場合は反射光強度が遮光膜の厚さによって変化するため、必ずしも高い検出強度は得られないが、遮光膜の厚さを調節することにより反射強度を調整することが可能であり、正常パターンと欠陥の弁別率を向上させるには、検出感度を高めるための膜厚調整が効果的である。具体的にはレジストパターンの検出光透過率が高い場合は、透過光強度が大きくなるため、反射光強度を小さくすることが望ましい。たとえばレジスト膜厚を $\lambda/4n$ 、 $3\lambda/4n$ 、 $5\lambda/4n$ （ただし、 λ ：検出光波長、 n ：レジスト膜の検出光での屈折率）等とする。このようにすると透過光と反射光の差分が小さくなり、欠陥弁別率が向上する。ただし、レジスト膜の屈折率によっては必ずしも、前記の条件が好適であるとは言えないが、ここで述べたいことは、レジスト膜厚を調整することが欠陥の弁別率を向上させるために有効であ

る、ということである。

【0037】このようにレジストマスクでは、電子線感応レジスト膜2を直接パターンとするため、所望のパターンと欠陥（異物）とは、形状、透過率、反射率、膜厚等の性質が異なる。そこで、本実施の形態1のマスクRMの欠陥検査においては、検査光に対して、マスクRMから反射される光、マスクRMを透過する光、またはその反射光および透過光の両方の光によって得られる光学情報を読み取ることにより、マスクRMの欠陥の有無を判定する。

【0038】これに対し、通常のマスクの場合について、異物検査装置での欠陥検査が困難であることを説明する。これは両者のマスクの製造工程の違いに起因している。図12～図15は、通常のマスクの製造工程中における要部断面図を示している。また、図16は、図12～図15のマスク製造工程を経て作成された通常のマスクNMの要部断面図を示している。まず、図12に示すように、マスク基板1の第1主面上に、例えばクロム（Cr）等のような金属膜4を堆積した後、図13に示すように、金属膜4上に通常の方法で電子線感応レジスト膜2を塗布する。ここでは電子線感応レジスト膜2中に異物3aが存在する場合が例示されている。続いて、図14に示すように、通常の方法で露光、現像処理を行ない所望の部分にレジストパターン2aを形成する。ここでは、この段階で異物3a、3bが存在する場合が例示されている。その後、レジストパターン2aをエッチングマスクとして、ウェットエッチング処理またはドライエッチング処理を施すことにより、レジストパターン2aから露出する金属膜4をエッチング除去する。これにより、図15に示すように、金属パターン4aを形成する。この時、異物3a、3bが存在すると、レジストパターン2aをマスクとした金属膜4の選択加工時に異物3a、3bのパターンが金属パターン4a1、4a2として転写されてしまう。その後、レジストパターン2aを除去することにより、図16に示すように、金属パターン4aを遮光体とする通常のマスクNMを作成するが、異物により転写された金属パターン4a1、4a2はそのまま残されてしまう。すなわち、所望の金属パターン4aと異物による金属パターン4a1、4a2とは同じ性質のものとなっている。

【0039】次に、この通常のマスクNMを、上記異物検査装置で検査した結果を図17～図19に示す。図17は、上記欠陥が存在する通常のマスク（マスクNM）の要部断面図を示している。図18は、この通常のマスクNMの被検査対象面（すなわち、第1主面）からの反射光を検出した時に得られる情報を示している。所望の金属パターン4aと、欠陥をなす金属パターン4a1、4a2とは、共に、クロム（Cr）等のような金属膜なので光学的な差は得られない。図19は、通常のマスク

NMの第1主面からの反射光強度の検出波形を模式的に示している。所望の金属パターン4aも欠陥をなす金属パターン4a1、4a2も同じ反射光強度となり所望のパターンと欠陥との弁別ができないことが判る。このため、上記の通常のマスクやハーフトーン型位相シフトマスク等のように、レジストパターンをエッチングマスクとして、遮光膜または半透明膜などのようなマスク材を加工するマスクの場合は、マスク設計データと、加工後の実際のマスクパターンとを比較するダイ ツウ データベース比較検査法や図20に示すようなダイ ツウダイ比較検査法のような比較検査を行わなければならない。このダイ ツウ ダイ比較検査法は、1枚のマスクNMの第1主面内に、2個以上の同一のチップ転写領域61A、61Bが存在する場合に、互いのチップ転写領域61A、61B内の対応箇所であるパターン部62A、62Bの形状を比較検査し、欠陥部63、64で両者の透過光信号に差が生じることを検出し、欠陥と判断するものである。このような比較検査は、異物検査方式に比べ、測定に多くの時間を必要とする。また、欠陥検査に高度な技術を要することから検査装置のコストがパターン描画装置と同程度であり、高価である。このため、マスクの納期短縮を阻害する上、マスク高騰の原因になっている。

【0040】これに対して、本実施の形態1では、レジストマスクの検査（異物の存在の有無および所望の遮光パターン自体の良否判定）において、上記比較検査を用いなくても異物検査装置で欠陥の検出ができることを見出した。その結果、マスク検査の大幅な簡略化が達成できるので、マスクの製造時間を短縮でき、マスク製造のスループットを向上させることができ、マスクの納期短縮が可能となる。このため、そのマスクを用いて製造される半導体集積回路装置の製造時間を短縮することができ、半導体集積回路装置の納期短縮が可能となる。また、マスクの検査に伴う費用を低減できるので、マスクのコストを低減できる。このため、そのマスクを用いて製造される半導体集積回路装置のコストを低減できる。

【0041】ただし、本実施の形態1のマスクの検査工程は、レジストマスクという新しいマスクの検査に関わるものであり、その基本概念は、上記比較検査を用いない欠陥検査方法ということである。本実施の形態1の一つの特徴は、マスクの検査において、比較検査を用いずに（パターンの情報を用いずに）、欠陥（異物等）自体からの光学情報を読み取ることで欠陥の有無を判定するというものである。異物検査装置を用いるというのは、通常のマスキの異物検査でも用いており各種の観点から最も適したものとして例示したもので、本実施の形態1の本質は、マスクの検査において、異物検査装置を用いることに限定されるものではないし、また、ただ単に異物検査装置を用いたものでもない。

【0042】次に、本実施の形態1のレジストマスクの

具体的な構造例を図21～図26により説明する。

【0043】図21および図22のマスクRM1は、ポジ型レジスト遮光型マスクの一例を示している。図21はマスクRM1の全体平面図、図22は図21のA1-A1線の断面図をそれぞれ示している。マスクRM1を構成するマスク基板1の第1主面の中央には、ウエハ上のチップ領域に対応する平面矩形状のチップ転写領域CAmが配置されている。チップ転写領域CAmの外周は周辺領域となっている。このマスクRM1の特徴は、チップ転写領域CAmおよびその外側の周辺領域の一部分が遮光用のポジ型の電子線感応レジスト膜2で覆われているが、ペリクル枠PEfの接着部や各種製造装置がマスク基板1に接触する部分には電子線感応レジスト膜2が無いのが特徴である。マスクRM1の周辺領域の不要な電子線感応レジスト膜2部分は電子線描画や紫外線露光や溶剤剥離などにより選択的に除去されている。マスクRM1のチップ転写領域CAmおよび周辺領域内には、電子線感応レジスト膜2の一部が除去されてそれぞれ複数の光透過パターン5a、5bが形成されている。この光透過パターン5aは、ウエハ上の集積回路パターンとして転写される。また、光透過パターン5bは、マスク基板1に集積回路パターンを転写する際に、マスク基板1と電子線描画装置との位置合わせに用いるマークである。また、ペリクルPEのペリクルフレームPEfよりも外側の周辺領域に形成された金属パターン6aは、マスクRMとウエハまたはマスクRMと縮小投影露光装置との位置合わせに用いるマークであり、例えばクロム等のような遮光用の金属膜からなる。また、マスクRM1の周辺領域においてペリクルPEの四隅近傍に矩形状の破線で示された4個の接触領域7は、縮小投影露光装置のステージEstの真空吸引口部が接触する部分を示している。

【0044】次に、図23および図24のマスクRM2は、ネガ型レジスト遮光型マスクの一例を示している。図23はマスクRM2の全体平面図、図24は図23のA2-A2線の断面図をそれぞれ示している。遮光体を形成するための電子線感応レジスト膜としてネガ型のもを使用するこのタイプのマスクRM2では、遮光体を形成するレジストパターン2a、2b、2cを電子線描画や紫外線露光で選択的に残すことでマスクを作成できる。このため、マスクRMの周辺領域において露光装置との接触部などにおける電子線感応レジスト膜は特別に除去することなく通常除去される。すなわち、特別な工程を追加してマスクRM2の周辺領域の電子線感応レジスト膜を除去する必要はない。ただし、ステップ・アンド・リピート方式等でウエハ上に転写したパターンが互いに多重露光されるのを防止するための帯状のレジストパターン2bを配置しているのが特徴である。このレジストパターン2bは、チップ転写領域CAmを規定するようにその外周に沿って配置された遮光パターンであ

る。チップ転写領域C A m内の複数のレジストパターン2 aは、ウエハ上の集積回路パターンとして転写される。また、周辺領域内において棒状のレジストパターン2 aの外周に配置された複数のレジストパターン2 cは、マスク基板1に集積回路パターンを転写する際に、マスク基板1と電子線描画装置との位置合わせに用いるマークである。

【0045】次に、図25および図26のマスクRM3は、通常のマスクの一部分をレジスト遮光材で形成した部分レジストマスクの一例を示している。図25はマスクRM3の全体平面図、図26は図25のA3-A3線の断面図をそれぞれ示している。マスクRM3のチップ転写領域C A mには、遮光用の複数の金属パターン4 aが配置されている他、チップ転写領域C A mの一領域に遮光用の複数のレジストパターン2 aが配置されている。この金属パターン4 aおよびレジストパターン2 aは、集積回路パターンを転写するためのパターンである。チップ転写領域C A mの外周からマスク基板1の外周までは、金属パターン4 bで覆われている。この金属パターン4 bの一部が除去されて複数の光透過パターン5 b、5 cが形成されている。光透過パターン5 bは、上記マスクRM2のレジストパターン2 cに相当するマークパターンである。また、光透過パターン5 cは、上記マスクRM2の金属パターン6 aに相当するマークパターンである。ペリクルフレームP E fは、金属パターン4 bに接着される。また、ステージE s tは、金属パターン4 bに接触される。このマスクRM3については、金属パターン4 a、4 bについて、前もって通常のチップ比較や設計データとマスクパターンとを比較する方法等で欠陥を検出し、修正が必要な場合は適宜修正を行なった。その後、遮光用のレジストパターン2 aを形成し、前記した本実施の形態1の方法、すなわち、異物検査装置を用いた方法で欠陥検査を行なった。レジストパターン2 a以外の部分についても、異物検査装置を用いた簡略検査法で検査を行なった。その結果、レジストパターン2 aの形成領域以外の部分の異物3 f等のような欠陥や、レジストパターン2 aの形成領域内の異物3 g等のような欠陥を検出することができ、欠陥無しマスクRM3の保証をすることができた。なお、部分レジストマスクについては、例えば本発明者による特願2000-206728号または特願2000-206729号（共に出願日は平成12年7月7日）に記載がある。

【0046】次に、図27は本実施の形態1のマスクの製造工程のフロー図を示している。マスク基板1を準備し、次に通常の方法でマスク基板1の第1主面上に電子線感応レジスト膜2を塗布する（図27の工程100、101）。次に、マスク基板1に対して前記した異物検査（第1検査）を行い、異物の無い物を合格として次工程へ進める（図27の工程102、103A）。異物の有ったものは再生処理へ進めマスク基板1として再利用

する（図27の工程103B）。再生処理では、マスク基板1上の電子線感応レジスト膜2を剥離（除去）する。異物の無かったマスク基板1は、例えば電子線描画装置や紫外線を用いた露光装置などで露光し、通常の方法で現像し、所望のレジストパターン2 aを形成し、レジスト遮光体を有するマスクRM、RM1~RM3を作製する（図27の工程104）。その後に異物の付着を防止するため、すぐにペリクルを装着する（図27の工程105）。次に、作成されたマスクRM、RM1~RM3に対して、前記した異物検査装置を用いて検査（第2検査）を行ない欠陥の無いマスクRM、RM1~RM3を梱包し出荷する（図27の工程106、107）。ここで、異物あるいは欠陥が見つかった場合は、再生処理に回し、マスク基板1を再利用する（図27の工程103B）。

【0047】このように、本実施の形態1のレジスト膜を遮光体とするマスクRM、RM1~RM3では、異物などが別のマスク材（例えばクロム）に転写されることが無いため、マスクパターンと異物などの欠陥との弁別が可能である。このため、本実施の形態1においては、マスクRM、RM1~RM3の検査において、比較検査で欠陥を検出する欠陥検査を用いずに欠陥の保証ができるので、比較検査を用いる場合に比べて、マスクの検査工程を簡略化でき、また、マスクの検査時間を短縮できる。したがって、低価格、短時間でマスクを作成できる。

【0048】次に、上記マスクRM、RM1~RM3を用いた露光方法の一例について図28により説明する。なお、図28においては、露光装置の機能を説明するために必要な部分のみを示したが、その他の通常の露光装置（スキャナやステッパ）に必要な部分は通常の範囲と同様である。

【0049】露光装置E X Pは、例えば縮小比4:1の走査型縮小投影露光装置（スキャナ）である。露光装置E X Pの露光条件は、例えば次の通りである。すなわち、露光光L pには、例えば露光波長248 nm程度のK r Fエキシマレーザ光を用い、光学レンズの開口数N A=0.65、照明の形状は円形であり、コヒーレンシ（ σ :sigma）値=0.7である。マスクとしては、前記マスクRM、RM1、RM2、RM3等のようなレジストマスクおよび通常のマスクを用いる。ただし、露光光L pは、上記のものに限定されるものではなく種々変更可能であり、例えばg線、i線、A r Fエキシマレーザ光（波長193 nm）またはF₂ガスレーザ光（波長157 nm）を用いても良い。

【0050】露光光源E 1から発する光は、フライアイレンズE 2、アパーチャE 3、コンデンサレンズE 4、E 5及びミラーE 6を介してマスク（ここではレチクル）RMを照明する。光学条件のうち、コヒーレンシはアパーチャE 3の開口部の大きさを変化させることによ

り調整した。マスクRM上には異物付着によるパターン転写不良等を防止するための上記ペリクルPEが設けられている。マスクRM上に描かれたマスクパターンは、投影レンズE7を介して処理基板であるウエハ8上に投影される。なお、マスクRMは、マスク位置制御手段E8およびミラーE9で制御されたステージEst上に載置され、その中心と投影レンズE7の光軸とは正確に位置合わせがなされている。マスクRMは、その第1主面がウエハ8の主面（デバイス面）に向けられ、第2主面がコンデンサレンズE5に向けられた状態でステージEst上に置かれている。したがって、露光光Lpは、マスクRMの第2主面側から照射され、マスクRMを透過して、マスクRMの第1主面側から投影レンズE7に照射される。

【0051】ウエハ8は、その主面を投影レンズE7側に向けた状態で試料台E11上に真空吸着されている。ウエハ8の主面上には、露光光に感光するフォトリソ膜が塗布されている。試料台E11は、投影レンズE7の光軸方向、すなわち、試料台E11の基板載置面に垂直な方向（Z方向）に移動可能なZステージE12上に載置され、さらに試料台E11の基板載置面に平行な方向に移動可能なXYステージE13上に搭載されている。ZステージE12及びXYステージE13は、主制御系E14からの制御命令に応じてそれぞれの駆動手段E15、E16により駆動されるので、所望の露光位置に移動可能である。その位置はZステージE13に固定されたミラーE17の位置としてレーザ測長機E18で正確にモニタされている。また、ウエハ8の表面位置は、通常の露光装置が有する焦点位置検出手段で計測される。計測結果に応じてZステージE12を駆動させることにより、ウエハ8の表面は常に投影レンズE7の結像面と一致させることができる。

【0052】マスクRMとウエハ8とは、縮小比に応じて同期して駆動され、露光領域がマスクRM上を走査しながらマスクパターンをウエハ8上に縮小転写する。このとき、ウエハ8の表面位置も上述の手段によりウエハ8の走査に対して動的に駆動制御される。ウエハ8上に形成された回路パターンに対してマスクRM上の回路パターンを重ね合わせ露光する場合、ウエハ8上に形成されたマークパターンの位置をアライメント検出光学系を用いて検出し、その検出結果からウエハ8を位置決めして重ね合わせ転写する。主制御系E14はネットワーク装置と電気的に接続されており、露光装置EXPの状態の遠隔監視等が可能となっている。上記の説明では、露光装置として走査型縮小投影露光装置（スキャナ）を用いた場合について説明したが、これに限定されるものではなく、例えばマスク上の回路パターンの投影像に対してウエハを繰り返しステップすることで、マスク上の回路パターンをウエハ上の所望の部分に転写する縮小投影露光装置（ステッパ）を用いても良い。

【0053】このような本実施の形態1によれば、マスクの作成時間を短縮でき、納期短縮が可能なので、マスクを用いて製造される半導体集積回路装置の開発時間および製造時間を大幅に短縮できる。このため、半導体集積回路装置の納期を短縮できる。このため、例えばASIC（Application Specific IC）等のような短納期が要求される多品種少量生産品の開発および製造に対応できる。また、マスクのコストを低減できるので、半導体集積回路装置のコストを低減することが可能となる。このため、ASIC等のように大量生産によるコスト低減が期待できない製品であっても、コスト低減が可能となる。

【0054】次に、上記マスクRM、RM1～RM3および通常のマスクを用いた露光方法により製造された半導体集積回路装置の一例について図29により説明する。

【0055】図29はその半導体集積回路装置の要部断面図を示している。上記ウエハ8から切り出された半導体チップを構成する半導体基板（以下、単に基板という）8Sは、例えば $1\sim 10\ \Omega\text{cm}$ 程度の比抵抗を有するp型のシリコン（Si）単結晶からなり、その主面（デバイス面）には溝型の分離部9が選択的に形成されている。この溝型の分離部9は、基板8Sの主面に形成された溝内に、例えば酸化シリコン膜が埋め込まれることで形成されている。ここには、溝形の分離部（SGI（Shallow Groove Isolation）またはSTI（Shallow Trench Isolation））が例示されているが、例えばLOCOS（Local Oxidization of Silicon）法等によって酸化シリコン（ SiO_2 等）膜からなる分離部を形成しても良い。

【0056】また、基板8Sには、その主面から基板8Sの所定の深さに渡ってp型ウエルPWLおよびn型ウエルNWLが選択的に形成されている。p型ウエルPWLには、例えばホウ素が導入され、n型ウエルNWLには、例えばリンが導入されている。そして、このp型ウエルPWLおよびn型ウエルNWLの領域において上記分離部9に囲まれた活性領域には、nMISQnおよびpMISQpが形成されている。このnMISQnおよびpMISQpによりCMIS回路が形成されている。

【0057】nMISQnおよびpMISQpのゲート絶縁膜10は、例えば厚さ6nm程度の酸化シリコン膜からなる。ここでいうゲート絶縁膜10の膜厚とは、二酸化シリコン換算膜厚であり、実際の膜厚と一致しない場合もある。ゲート絶縁膜10は、酸化シリコン膜に代えて酸化窒化シリコン膜で構成しても良い。すなわち、ゲート絶縁膜10と基板8Sとの界面に窒素を偏析させる構造としても良い。酸化窒化シリコン膜は、酸化シリコン膜に比べて膜中における界面準位の発生を抑制したり、電子トラップを低減したりする効果が高いので、ゲート絶縁膜10のホットキャリア耐性を向上でき、絶縁耐性

を向上させることができる。また、酸化シリコン膜は、酸化シリコン膜に比べて不純物が貫通し難いので、酸化シリコン膜を用いることにより、ゲート電極材料中の不純物が基板 8 S 側に拡散することに起因する、しきい値電圧の変動を抑制することができる。酸化シリコン膜を形成するには、例えば基板 8 S を NO 、 NO_2 または NH_3 といった含窒素ガス雰囲気中で熱処理すれば良い。

【0058】 nMISQn および pMISQp のゲート電極 11 は、例えば低抵抗多結晶シリコン膜上に、例えば窒化タングステン (WN) 膜等のようなバリア金属膜を介してタングステン (W) 膜等のような金属膜を積層した構造を有する、いわゆるポリメタルゲート構造とされている。ただし、ゲート電極構造は、これに限定されるものではなく、例えば低抵抗多結晶シリコン膜の単体膜構造としても良いし、例えば低抵抗多結晶シリコン膜上に、例えばチタンシリサイド (TiSi_x) 膜またはコバルトシリサイド (CoSi_x) 膜を積層した構造を有する、いわゆるポリサイド構造としても良い。このようなゲート電極 11 の側面には、例えば酸化シリコン膜からなるサイドウォール 12 が形成されている。また、ゲート電極 11 の上面には、例えば酸化シリコン膜または窒化シリコン (Si_3N_4 等) 膜等からなるキャップ膜 13 が形成されている。 nMISQn および pMISQp のチャネルは、ゲート電極 11 の直下の基板 8 S 部分に形成される。

【0059】 nMISQn のソースおよびドレイン用の半導体領域 14 は、 n^- 型の半導体領域 14 a および n^+ 型の半導体領域 14 b を有する、いわゆる LDD (Lightly Doped Drain) 構造とされている。 n^- 型の半導体領域 14 a および n^+ 型の半導体領域 14 b には、共に、例えばリン (P) またはヒ素 (As) が導入されているが、 n^- 型の方が n^+ 型よりも不純物濃度が低くされている。一方、 pMISQp のソースおよびドレイン用の半導体領域 15 は、 p^- 型の半導体領域 15 a および p^+ 型の半導体領域 15 b を有する、いわゆる LDD 構造とされている。 p^- 型の半導体領域 15 a および p^+ 型の半導体領域 15 b には、共に、例えばホウ素が導入されているが、 p^- 型の方が p^+ 型よりも不純物濃度が低くされている。

【0060】このような基板 8 S 上には、例えば 3 層の多層配線層が形成されている。多層配線層は、基板 8 S 上に層間絶縁膜と配線層とが交互に積み重なって形成されている。第 1～第 3 の各配線層には、それぞれ第 1～第 3 層配線 16 L1～16 L3 が形成されている。第 1～第 3 層配線 16 L1～16 L3 は、例えばアルミニウムまたはアルミニウム-シリコン-銅合金を主配線材料として形成されている。最下層の第 1 層配線 16 L1 と基板 1 S またはゲート電極 11 とは、層間絶縁膜に形成されたコンタクトホール CNT を通じて電氣的に接続さ

れている。また、第 1～第 3 層配線 16 L1～16 L3 間は、層間絶縁膜に形成されたスルーホール TH を通じて電氣的に接続されている。最上の第 3 層配線 16 L3 は、その表面の大半が表面保護膜 17 によって覆われているが、その表面保護膜 17 の一部が開口されて第 3 層配線 16 L3 の一部が露出されている。この第 3 層配線 16 L3 が表面保護膜 17 から露出される部分は、ボンディングワイヤまたはバンプ電極が接合される外部端子領域 18 である。なお、表面保護膜 17 は、基板 8 S 側から順に保護膜 17 a～17 c が積層されてなる。最下層の保護膜 17 a は例えば酸化シリコン膜等からなり、その上の保護膜 17 b は例えば窒化シリコン膜等からなり、最上層の保護膜 17 c は例えばポリイミド樹脂等からなる。活性領域 (分離領域)、ゲート電極 11、第 1～第 3 層配線 16 L1～16 L3 およびウェル領域等のようなラインパターンの転写では、ウェハ 8 の主面上に、例えばネガ型のレジスト膜を塗布し、コンタクトホール CNT およびスルーホール TH 等のようなホールパターンの転写では、ウェハ 8 の主面上に、例えばポジ型のレジスト膜を塗布する。

【0061】(実施の形態 2) 本実施の形態 2 においては、マスクの製造フロー中に欠陥修正工程を含む場合について説明する。図 30 は、そのマスクの製造工程のフロー図の一例を示している。図 30 の工程 100 から工程 107 までは前記実施の形態 1 において図 27 を用いて説明したのと同じなので説明を省略する。ただし、本実施の形態 2 の方法によれば、欠陥検査工程 (工程 102) またはペリクル装着工程 (工程 105) の一方または両方の工程を無くすこともできる。

【0062】本実施の形態 2 においては、まず、図 30 の工程 106 で欠陥が存在すると判明した場合、ペリクルを剥離する (図 30 の工程 108)。剥離したペリクルは、再利用できるのであれば再利用する。ただし、このペリクル剥離工程は、無くすこともできる。続いて、マスクの欠陥を修正可能であるか否かについて検討し、修正不可であれば、再生処理する (図 30 の工程 109、工程 103 B)。一方、修正が可能であれば、欠陥を修正する (図 30 の工程 110)。欠陥修正工程では、通常のマスクで用いられている欠陥修正技術を用いる。例えばマスク上の黒欠陥に対しては、レーザービーム (例えば YAG レーザ (波長 $0.53\mu\text{m}$)) またはフォーカスイオンビーム (FIB: Focused Ion Beam) を黒欠陥部分に照射することにより、欠陥部分を除去する。また、例えば白欠陥に対しては、欠陥領域に有機ガスを吹き付けながらその欠陥部分にフォーカスイオンビーム (例えばガリウム (Ga) イオン) を照射することにより有機ガスを分解してその白欠陥部分に炭素系の膜を堆積し、白欠陥部分を覆う。また、白欠陥修正の方法として、 Cr (CO_g) ガス雰囲気中において紫外レーザー光を欠陥部分に照射することにより白欠陥部分にク

ロム (Cr) を生成し、その白欠陥部分を覆うようにしても良い。欠陥修正直後、再度、ペリクルを装着した後、マスクに対して工程106と同様の欠陥検査を行う(図30の工程111、工程112)。この時点で欠陥が存在すると判明したら工程108に戻り上記と同様のシーケンスで処理を進める。欠陥が存在しないと判断したら、その欠陥の無いマスクRM, RM1~RM3を梱包し出荷する(図30の工程107)。ただし、本発明者の検討によれば、レジストマスクの場合、従来マスクで最も異物が付き易い金属膜のエッチング工程が無く、欠陥発生が極めて少ないので、最後の欠陥検査工程は無くても欠陥の無いマスクを提供することができることが見出されている。

【0063】このように本実施の形態2によれば、前記実施の形態1で得られた効果の他に、小さな欠陥に対しては欠陥修正処理で対応することにより、マスクの製造時間を短縮でき、マスクの納期短縮が可能となる。また、マスクの製造上の費用を抑えることができるので、マスクのコストを低減することが可能となる。

【0064】(実施の形態3) 本実施の形態3においては、マスクの製造ライン中にレジストマスクと通常のマスクとが混在する場合の処理方法について説明する。図31は、本実施の形態3のマスクの製造工程のフロー図の一例を示している。このマスクの製造ラインでは、その用途に応じて、前記通常のマスクやレジストマスクを製造している。この時、そのマスクに対応した欠陥検査を効率良く実行することにより、生産効率をアップすることができる。そこで、ここでは、マスク製造後(図31の工程200)、通常のマスクかそれともレジストマスクかを判断する(図31の工程201)。そして、レジストマスクの場合は、前記実施の形態1, 2で説明した簡略化した欠陥検査を適用する(図31の工程202A)。一方、通常のマスクの場合は、異物検査とパターン比較検査を併用して無欠陥の保証を行なう(図31の工程202B、工程203)。このようにしてレジストマスクと通常のマスクとを製品として出荷する(図31の工程204)。なお、ペリクル等の通常の作業は、ペリクルが遮光用のレジスト膜に接触しないようにする以外は、一般的に行われているのと同様に行なって問題はない。また、欠陥検査を行なうタイミングも通常の方法に順じて行なうことができる。ただし、レジストマスクの場合はペリクルを装着してから欠陥検査を行なうことが効率的である。

【0065】このように本実施の形態3によれば、前記実施の形態1, 2で得られた効果の他に、以下の効果を得ることができる。すなわち、通常のマスクとレジストマスクとの両方が流れているマスクの製造工程において、通常のマスクとレジストマスクとで検査工程を分けることにより、マスクの製造工程における全体的な生産効率を向上させることが可能となる。

【0066】(実施の形態4) 次に、本実施の形態4においては、前記図29で示したコンタクトホールCNTやスルーホールTH等のようなホールパターンの転写に用いるレジストマスクの検査方法例について説明する。

【0067】クロムを遮光体とする前記通常のマスクの場合、ホールパターンの未開口欠陥を異物検査装置で検出することは不可能である。これに対して、レジストマスクの場合、ホールパターンの未開口欠陥を前記異物検査装置により検出可能である。図32は電子線描画処理および現像処理後のホールパターン転写用のマスク(レジストマスク)RM4の要部平面図、図33は図32のy1破線の断面図、図34は図32および図33のマスクRM4の異物検査装置による検出波形をそれぞれ示している。図32~図34の位置x0~x6は互いに同じ位置を示している。この場合、電子線感応レジスト膜2にはポジ型が使用されている。符号20はホールパターン転写用の開口部、符号21は本来開口させたかった未開口部をそれぞれ示している。平面矩形状の開口部20は、電子線感応レジスト膜2が除去されて光透過領域となっている。これに対して未開口部21は、電子線感応レジスト膜2が除去されず残されており、遮光領域となっている。しかし、未開口部21では、電子線の照射により、電子線が照射されていない領域に対して分子構造が変化している。ここでは、未開口部21の電子線感応レジスト膜2中の物質が気化し窪んでいる場合が例示されている。その結果、前記異物検査装置による検査では、未開口部21に色変化が発生する。すなわち、未開口部21の検出色が、他の領域の検出色と異なった色で観測される。また、図34の検出光波形のように、未開口部21は、その検出光(反射光)の強度が周囲に比べて減衰していることで観測される。したがって、現像処理後のマスクRM4の未開口部21は、電子線感応レジスト膜2の表面状態の変化により前記実施の形態1等で説明した図5の異物検査装置CISで検出が可能である。すなわち、異物検査装置では、図32のハッチングの違いで示すように色の違いにより、あるいは図33の検出波形の様子により、現像処理後のマスクRM4の開口部20、未開口部21および電子線感応レジスト膜2の情報を検出し、記憶することができる。

【0068】また、例えば化学増幅系レジストを電子線感応レジスト膜2として使用した場合に、電子線照射直後の電子線感応レジスト膜2の電子線照射部では膜減り等のような物理的变化が少ない場合があるが、そのような場合であってもPEB(Post Exposure Bake)後に確認できる。これは、PEBにより電子線照射部で発生した酸が熱により拡散され電子線感応レジスト膜2中で反応を開始したためである。したがって、このような電子線感応レジスト膜2であっても、現像後の異物検査装置で、電子線照射部と非電子線照射部とを弁別でき、欠陥の検出が可能である。なお、上記PEBは、露光処理

後、現像処理前にマスクに対して施される軽い熱処理である。また、本実施の形態4では、マスクRM4の未開口部21（欠陥部）からの反射光の強度が、電子線感応レジスト膜2の非電子線照射部からの反射光の強度に対して相対的に低くなる場合を例示したが、未開口部21からの反射光強度が電子線感応レジスト膜2の非電子線照射部からの反射光の強度に対して相対的に高くなる場合もある。また、ここでは、マスクRM4からの反射光を異物欠陥検査装置により検出する場合を説明したが、前記実施の形態1～3と同様に、マスクRM4の透過光を異物欠陥装置により検出しても良い。あるいは、前記実施の形態1～3と同様に、マスクRM4からの反射光とマスクRM4の透過光との両方を異物欠陥装置により検出しても良い。例えば反射光と透過光の差分等を取ることにより検出感度を高めることも可能である。いずれにしても異物検査装置での未開口部21の検出が可能である。

【0069】比較のためホールパターン転写用の前記通常のマスクの場合を図35～図37に示す。図35はホールパターン転写用の通常のマスクNMの要部平面図、図36は図35のy1破線の断面図、図37は図35および図36の通常のマスクNMの異物検査装置による検出波形をそれぞれ示している。図35～図37の位置x0～x6は、互いに同じ位置を示している。図35および図36に示すように、未開口部21は金属膜4が除去されず残されており遮光領域となっている。この通常のマスクNMの未開口部21では、図36に示すように、膜減り等も生じていないし化学変化も生じない（したがって、色変化も生じない）。また、この未開口部21に残された金属膜4は周囲の遮光領域を形成する金属膜4と同一材料なので、異物欠陥検査装置で得られる未開口部21からの反射光強度とその周囲の遮光領域からの反射光強度とが図37に示すように同様である。したがって、通常のマスクNMでは未開口部21を弁別することが不可能であることが分かる。

【0070】次に、図38に電子線感応レジスト膜2の厚さと異物検査装置の検査光に対する電子線感応レジスト膜2からの光の反射率との関係を示す。電子線感応レジスト膜2の膜厚と反射率との関係は、 \sin カーブの関係がある。すなわち、 m を自然数、 n を電子線感応レジスト膜2の屈折率、 λ を検査光の波長とすると、電子線感応レジスト膜2の厚さが、 $(4m-3) \times (\lambda/4n)$ 、 $(4m-1) \times (\lambda/4n)$ となる膜厚において反射率が最小となる。一方、電子線感応レジスト膜2の膜厚が $(4m-2) \times (\lambda/4n)$ 、 $4m \times (\lambda/4n)$ となる膜厚では反射率が最大となる。従って、電子線感応レジスト膜2の厚さを所望の値に設定することにより、異物検査装置での検出感度を変えることが可能である。電子線感応レジスト膜2の厚さを、例えば図38の点A（ $\sin \theta$ の θ が0, π , 2π , 3π , ...と

なる点）の膜厚に設定すれば、電子線感応レジスト膜2の厚さの変化が反射率の大きな変化となって現れるので、異物検査装置において高い検出感度を得ることができる。しかし、この場合、電子線感応レジスト膜2の厚さの微妙な変動を、欠陥でないにもかかわらず擬似欠陥として検出してしまう恐れがある。これに対して、電子線感応レジスト膜2の厚さを、例えば図38の点B（ $\sin \theta$ の θ が $\pi/2$, $3\pi/2$, $5\pi/2$, ...となる点）の膜厚に設定すると電子線感応レジスト膜2の厚さの変化による反射率の変化が点Aに比べれば小さく異物検査装置での検出感度は低くなるが、電子線感応レジスト膜2の欠陥でない膜厚変動を擬似欠陥として検出してしまう不具合を低減または防止できる。本発明者の実験により、例えば電子線感応レジスト膜2の屈折率が1.68、検査光の波長（ λ ）が488nmを用いた場合、 $m\lambda/4n$ （ m は奇数）に対応する540nmの電子線感応レジスト膜厚近辺で反射率への影響が大きく、高感度が得られた。そして、 $4m \times (\lambda/4n)$ に対応する580nmの電子線感応レジスト膜厚近辺で反射率への影響が少ない、低感度を示した。ただし、電子線感応レジスト膜2の厚さの最適値は、現状、マスク基板1面内の電子線感応レジスト膜厚さの制御性に誤差があることや電子線感応レジスト膜が厚くなるにつれて計算値による反射率と実測値との誤差が大きくなる等の理由から実験により求めることが望ましい。電子線感応レジスト膜2の厚さは、例えば使用するレジスト膜の種類（性質）やプロセス等に応じ、上記検査光に対する反射率の電子線感応レジスト膜厚依存性を参照して最適値に設定することが好ましい。これにより、レジストマスクの欠陥を、検査対象のレジストマスク毎に合った条件で検出することが可能となる。なお、本実施の形態4のホールパターン転写用のマスクRM4の製造工程（異物検査装置による欠陥検査工程を含む）は、前記実施の形態1～3で説明したのと同じなので説明を省略する。

【0071】（実施の形態5）本実施の形態5では、レジストマスクの電子線感応レジスト膜が、電子線露光やPEB実施後においても変化（物理的変化も化学的変化も）しない場合の対応策の一例を説明する。

【0072】本実施の形態5では、ホールパターン転写用のレジストマスクに電子線描画データを記憶させる観点から、ボジ型の電子線感応レジスト膜2に電子線照射エネルギーに反応する反応剤を予め添加しておく。これにより、レジストマスクの電子線感応レジスト膜2の所望の位置に電子線を照射すると、その電子線照射部分の反応剤が反応して化学変化（分子構造の変化やそれによる吸光度の変化等）が生じる。すなわち、電子線感応レジスト膜2に上記反応剤を添加することで、異物検査装置の検査光に対する電子線描画部の吸光度または反射率が、非電子線描画部の吸光度または反射率に対して異なるようになる。その結果、本実施の形態5においても、

前記実施の形態 4 と同様に、現像後におけるレジストマスクの未開口部 21 の検出色が、他の領域の検出色と異なった色で観測される。また、未開口部 21 からの検出波形の強度が周囲に比べて減衰または増大していることで観測される。したがって、電子線感応レジスト膜 2 自体が電子線露光や PEB 実施後にあまり変化しない場合でも、レジストマスクの未開口部 21 を前記異物検査装置で確実に検出することが可能となる。電子線感応レジスト膜 2 に添加する上記反応剤としては、オニウム塩系の物質またはトリ-スルホニウム-トリフレート等のような吸光剤を例示できる。なお、本実施の形態 5 のホールパターン転写用のレジストマスクの製造工程（異物検査装置による欠陥検査工程を含む）も、前記実施の形態 1 ～ 4 で説明したのと同じなので説明を省略する。

【0073】（実施の形態 6）本実施の形態 6 では、ホールパターン転写用のレジストマスクの電子線感応レジスト膜にパターンを描画する際に、電子線を使用せず、レーザ光等を使用する場合について説明する。この場合も、レジストマスク上にパターンを形成するためのポジ型のレジスト膜に描画用のレーザエネルギーに反応する反応剤を予め添加しておく。これにより、レジストマスクのレジスト膜のレーザ光照射部で反応剤が化学変化することにより、レーザ照射部と非照射部とで、異物検査装置の検査光に対する吸光度または反射率等が異なるようになる。したがって、レジストマスクのレジスト膜にパターンを描画するのにレーザ光を使用する場合でも、前記実施の形態 4、5 と同様に、レジストマスクの未開口部 21 を前記異物検査装置で確実に検出することが可能となる。本実施の形態 6 のレジストマスクにおけるレジスト膜にパターンを描画するのに用いるレーザ描画装置としては、（米）ETEC 社のレーザ描画機である ALTA-3000（波長が 364 nm のアルゴン（Ar）レーザ光）を例示できる。

【0074】以上、本発明者によってなされた発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

【0075】前記実施の形態 1 ～ 3 においては、ラインパターンを転写するためのマスクについて例示したが、これに限定されるものではなく、例えばコンタクトホールやスルーホール等のようなホールパターンを転写するためのマスクについても本発明を適用できる。

【0076】また、マスクにおいて遮光体を形成する金属パターンは、クロムに限定されるものではなく種々変更可能であり、例えばタングステン、モリブデン等のような高融点金属膜またはこれを窒化した高融点金属窒化膜等を用いても良い。

【0077】また、前記実施の形態 4 ～ 6 では、レジストマスクのパターン形成のための現像処理後に異物検査装置で前記未開口部 21 等の欠陥を検査する場合につい

て説明したが、例えば上記パターン形成のための電子線描画後であって現像処理前に、レジストマスクの電子線感応レジスト膜 2 の表面における電子線描画情報を異物検査装置で検出し、その電子線描画情報と、設計図とを比較することで、電子線描画が設計通り行われているか否かを検査しても良い。この場合、本来、異物検査装置の検査により色変化が生じなければならないにもかかわらず色変化が生じていない箇所があれば、その箇所には電子線が正確に照射されていない、すなわち欠陥になることが分かる。そこで、そのような欠陥候補を発見した場合には、電子線感応レジスト膜 2 の欠陥候補部分に改めて電子線を描画した後、前記現像処理を施すことにより、レジスト膜に前記未開口部 21 等のような欠陥が発生するのを未然に防止できる。

【0078】以上の説明では主として本発明者によってなされた発明をその背景となった利用分野である C M I S 回路を有する半導体集積回路装置の製造方法に適用した場合について説明したが、それに限定されるものではなく、例えば D R A M（Dynamic Random Access Memory）、S R A M（Static Random Access Memory）またはフラッシュメモリ（E E P R O M ; Electric Erasable Programmable Read Only Memory）等のようなメモリ回路を有する半導体集積回路装置、マイクロプロセッサ等のような論理回路を有する半導体集積回路装置あるいは上記メモリ回路と論理回路とを同一半導体基板上に設けている混載型の半導体集積回路装置等、各種の半導体集積回路装置の製造方法にも適用できる。また、液晶ディスプレイやマイクロマシンの製造方法等、微細なパターンの露光転写工程を含む製造方法に適用できる。

【0079】

【発明の効果】本願によって開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば、以下の通りである。

【0080】すなわち、遮光体をレジスト膜で構成するマスクの検査において、マスクに照射された検査光に対する反射光、透過光またはその両方の光学情報を読み取り前記マスクを検査することにより、マスクの検査時間を短縮できるので、マスクの製造時間を短縮することができ、マスクの納期短縮が可能となる。

【0081】また、マスクの納期を短縮できるので、それを用いて製造される半導体集積回路装置の製造時間を短縮することができ、半導体集積回路装置の納期短縮が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施の形態であるマスクの製造工程中における要部断面図である。

【図 2】図 1 に続くマスクの製造工程中における要部断面図である。

【図 3】本発明の一実施の形態のマスクの欠陥発生状況および検査方法の説明図である。

【図 4】本発明の一実施の形態のマスクの欠陥発生状況および検査方法の説明図である。

【図 5】本発明の一実施の形態のマスクの検査工程で用いる異物検査装置の一例の説明図である。

【図 6】図 5 の異物検査装置による検査対象のマスクの要部断面図である。

【図 7】図 6 のマスクの異物検査装置による被検査面の状態を模式的に示した説明図である。

【図 8】図 7 の様子を反射光強度の検出波形で模式的に示したグラフ図である。

【図 9】検査対象のマスクの要部断面図である。

【図 10】図 9 のマスクにおける反射光と透過光との強度分布の説明図である。

【図 11】図 10 の透過光強度と反射光強度の差分の分布を示す説明図である。

【図 12】本発明者が検討した通常のマスクの製造工程における要部断面図である。

【図 13】図 12 に続くマスクの製造工程中における要部断面図である。

【図 14】図 13 に続くマスクの製造工程中における要部断面図である。

【図 15】図 14 に続くマスクの製造工程中における要部断面図である。

【図 16】図 12 ～図 15 の工程を経て作成されたマスクの要部断面図である。

【図 17】欠陥が存在する通常のマスクの要部断面図である。

【図 18】図 17 の通常のマスクの異物検査装置による被検査面の状態を模式的に示した説明図である。

【図 19】図 18 の様子を反射光強度の検出波形で模式的に示したグラフ図である。

【図 20】ダイ ツウ ダイ比較検査法を説明するための通常のマスクの全体平面図である。

【図 21】本発明の一実施の形態であるマスクの全体平面図である。

【図 22】図 21 の A1 - A1 線の断面図である。

【図 23】本発明の一実施の形態であるマスクの全体平面図である。

【図 24】図 23 の A2 - A2 線の断面図である。

【図 25】本発明の一実施の形態であるマスクの全体平面図である。

【図 26】図 25 の A3 - A3 線の断面図である。

【図 27】本発明の一実施の形態であるマスクの製造工程のフロー図である。

【図 28】本発明の一実施の形態で用いた露光装置の一例の説明図である。

【図 29】本発明の一実施の形態の半導体集積回路装置の一例の要部断面図である。

【図 30】本発明の他の実施の形態であるマスクの製造工程のフロー図である。

【図 31】本発明のさらに他の実施の形態であるマスクの製造工程のフロー図である。

【図 32】本発明の他の実施の形態であるマスクの要部平面図である。

【図 33】図 32 の y1 破線の断面図である。

【図 34】図 32 および図 33 のマスクの異物検査装置による検出波形の波形図である。

【図 35】ホールパターン転写用の通常のマスクの要部平面図である。

【図 36】図 35 の y1 破線の断面図である。

【図 37】図 35 および図 36 の通常のマスクの異物検査装置による検出波形の波形図である。

【図 38】電子線感応レジスト膜の厚さと異物検査装置の検査光に対する電子線感応レジスト膜からの反射光の反射率との関係を示す波形図である。

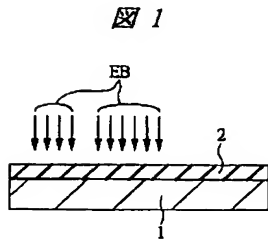
【符号の説明】

- 1 マスク基板
- 2 電子線感応レジスト膜
- 2 a レジストパターン
- 2 b レジストパターン
- 2 c レジストパターン
- 2 a 1 捲れ
- 2 a 2 膜べり
- 3 a ～ 3 g 異物
- 4 金属膜
- 4 a 金属パターン
- 4 a 1, 4 a 2 金属パターン
- 4 b 金属パターン
- 5 a 光透過パターン
- 5 b 光透過パターン
- 6 a 金属パターン
- 7 接触領域
- 8 ウエハ
- 8 S 半導体基板
- 9 分離部
- 10 ゲート絶縁膜
- 11 ゲート電極
- 12 サイドウォール
- 13 キャップ膜
- 14 半導体領域
- 14 a n⁻型の半導体領域
- 14 b n⁺型の半導体領域
- 15 半導体領域
- 15 a p⁻型の半導体領域
- 15 b p⁺型の半導体領域
- 16 L 1 第 1 層配線
- 16 L 2 第 2 層配線
- 16 L 3 第 3 層配線
- 17 表面保護膜
- 17 a ～ 17 c 保護膜

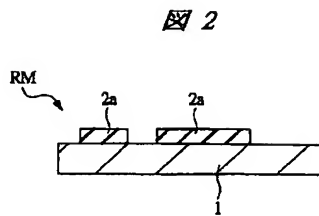
18 外部端子領域
 20 開口部
 21 未開口部
 RM, RM1, RM2, RM3 マスク
 NM マスク
 EB 電子線
 CIS 異物検査装置
 C1 レーザ光源
 Csc スキャナ
 Cbs ビームスプリッタ
 C11 対物レンズ
 C12 集光レンズ
 Cst ステージ
 Ctd 透過光検出器
 Crd 反射光検出器
 C2, C3 経路
 Ccs 中間システム
 Ccc 制御用コンピュータ
 Cdm データベース保存部
 IL 検査光
 TL 透過光

RL1, RL2 反射光
 EXP 露光装置
 E1 露光光源
 E2 フライアイレンズ
 E3 アパーチャ
 E4, E5 コンデンサレンズ
 E6 ミラー
 E7 投影レンズ
 E8 マスク位置制御手段
 E9 ミラー
 Est ステージ
 E11 試料台
 E12 Zステージ
 E13 XYステージ
 E14 主制御系
 E15, E16 駆動手段
 E17 ミラー
 E18 レーザ測長機
 Lp 露光光
 Qp pチャネル型のMIS
 Qn nチャネル型のMIS

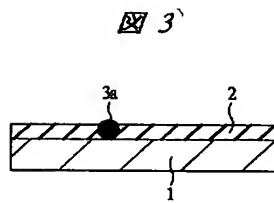
【図1】



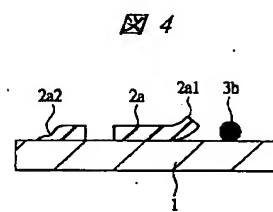
【図2】



【図3】

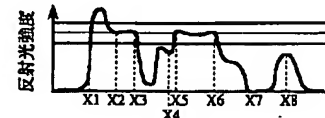


【図4】



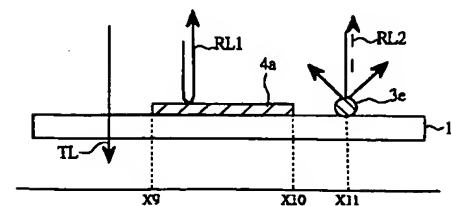
【図8】

図 8

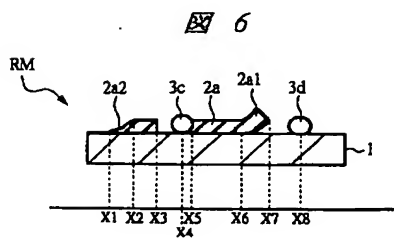


【図9】

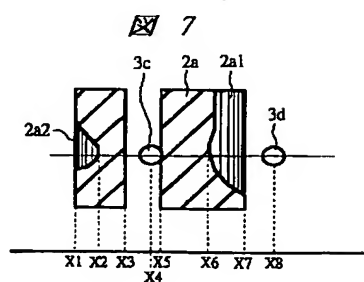
図 9



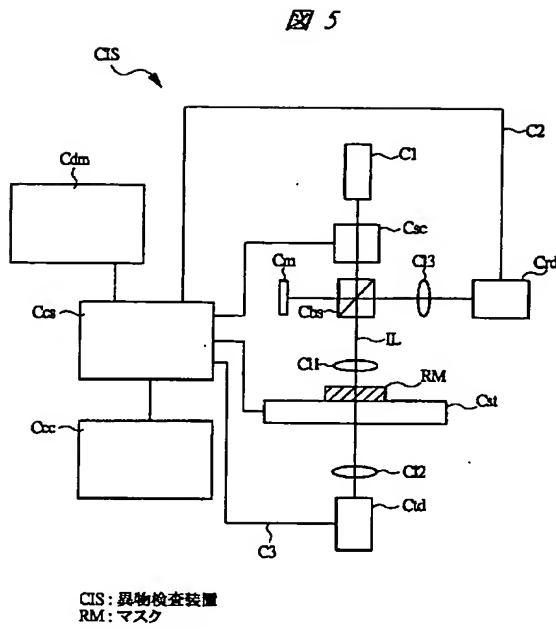
【図6】



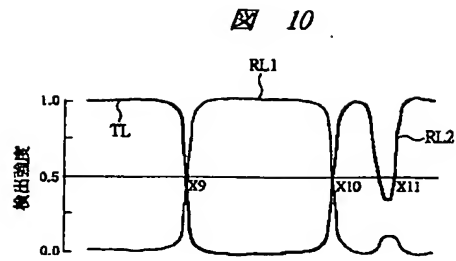
【図7】



【図5】

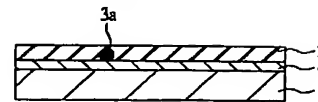


【図10】



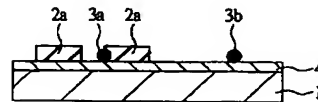
【図13】

図13

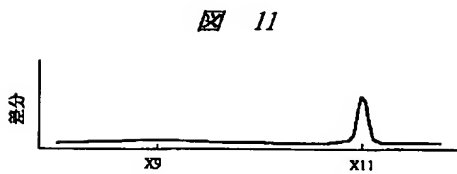


【図14】

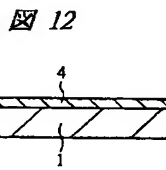
図14



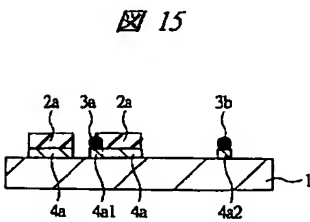
【図11】



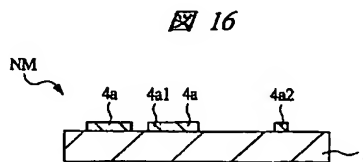
【図12】



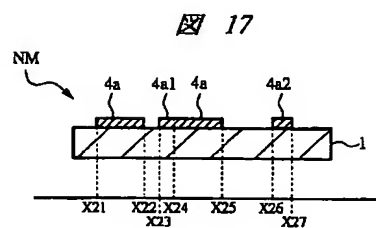
【図15】



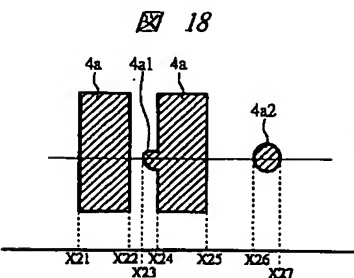
【図16】



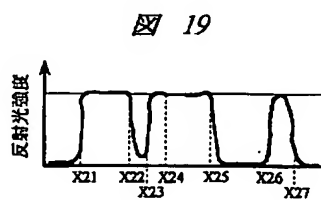
【図17】



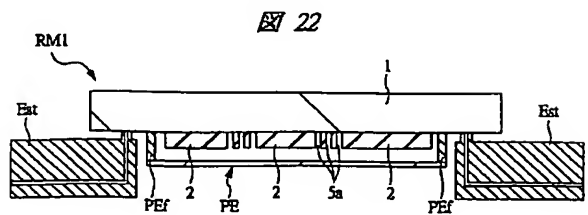
【図18】



【図19】

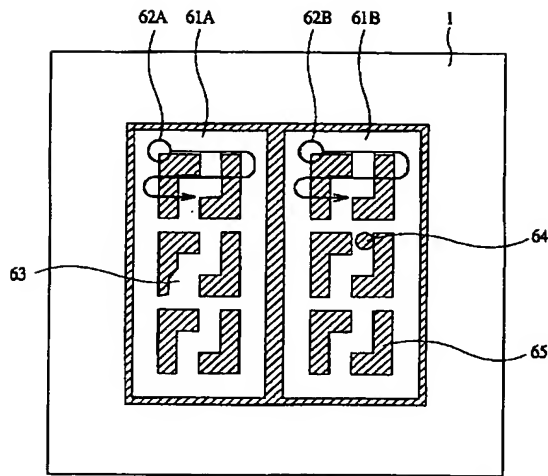


【図22】



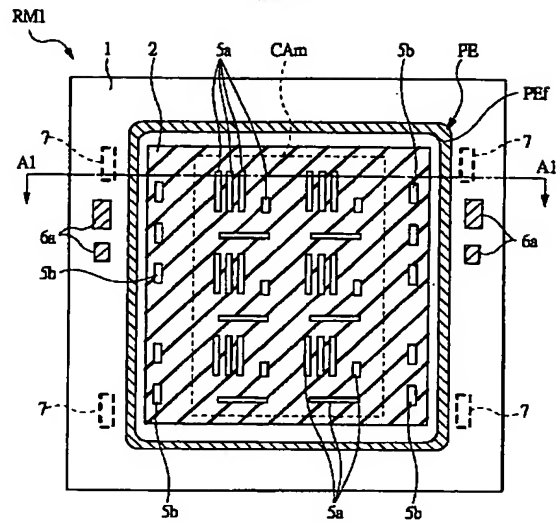
【図 20】

図 20



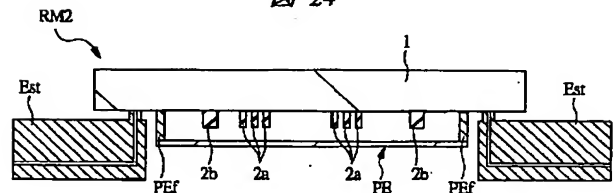
【図 21】

図 21



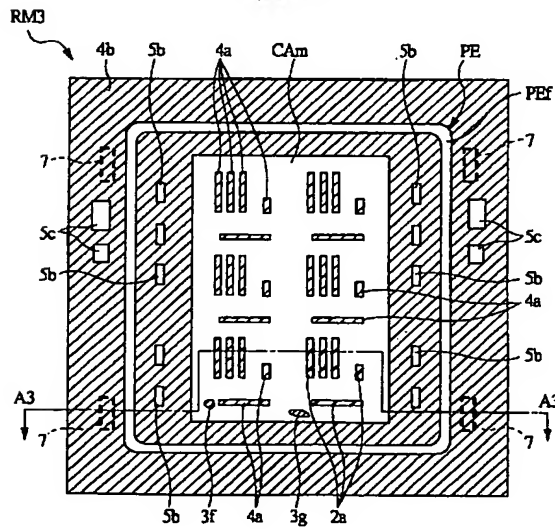
【図 24】

図 24



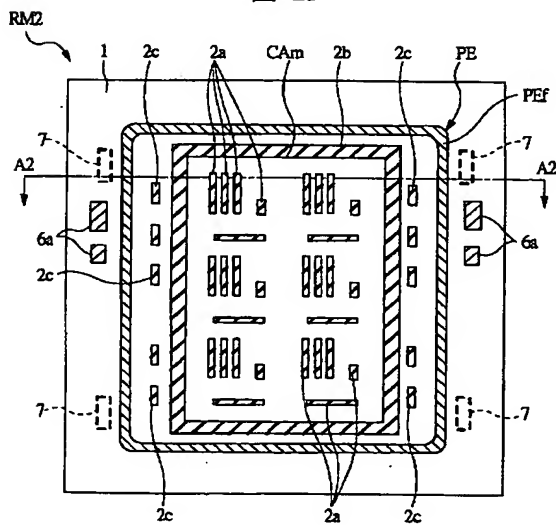
【図 25】

図 25



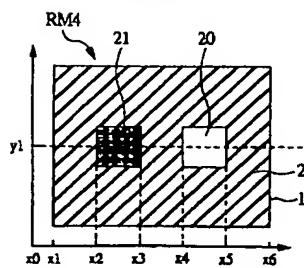
【図 23】

図 23

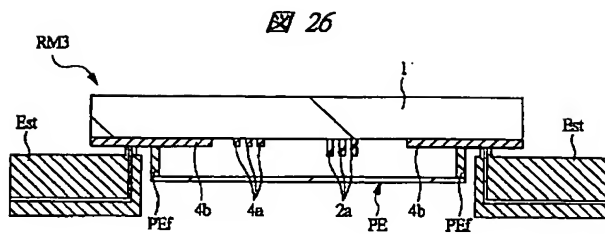


【図 32】

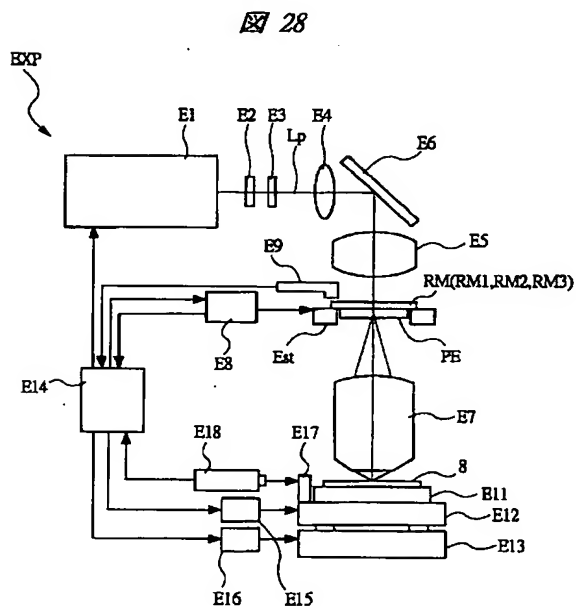
図 32



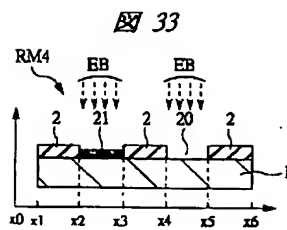
【図26】



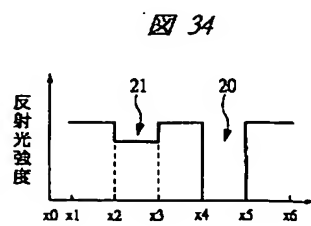
【図28】



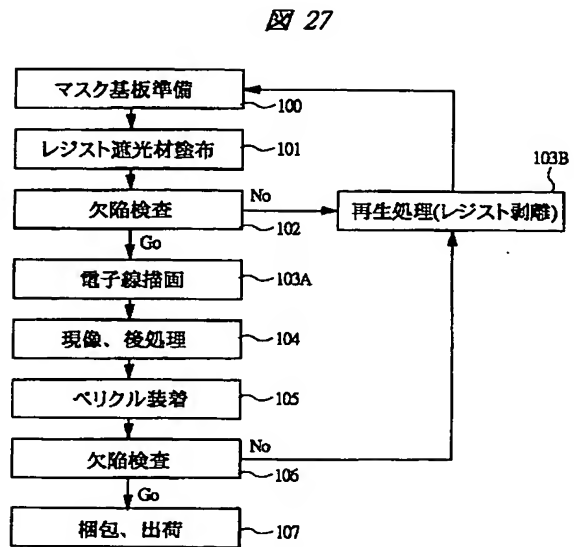
【図33】



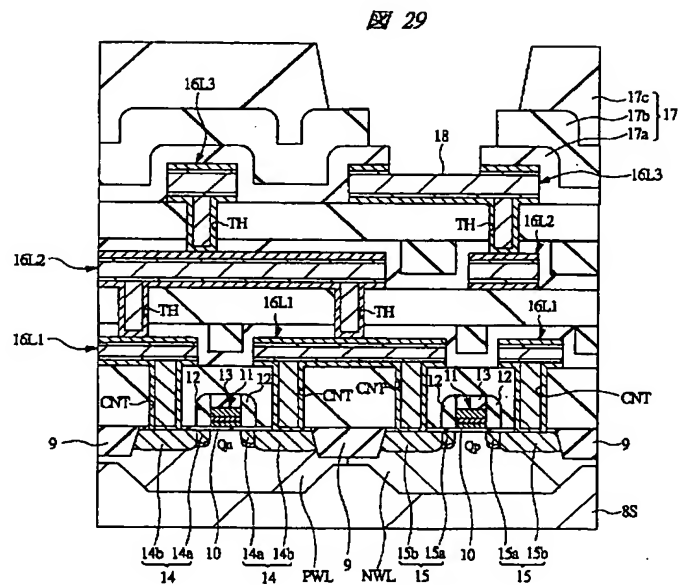
【図34】



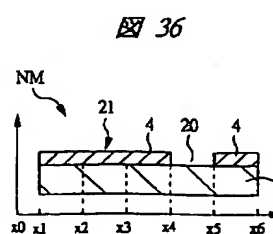
【図27】



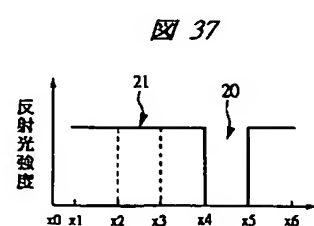
【図29】



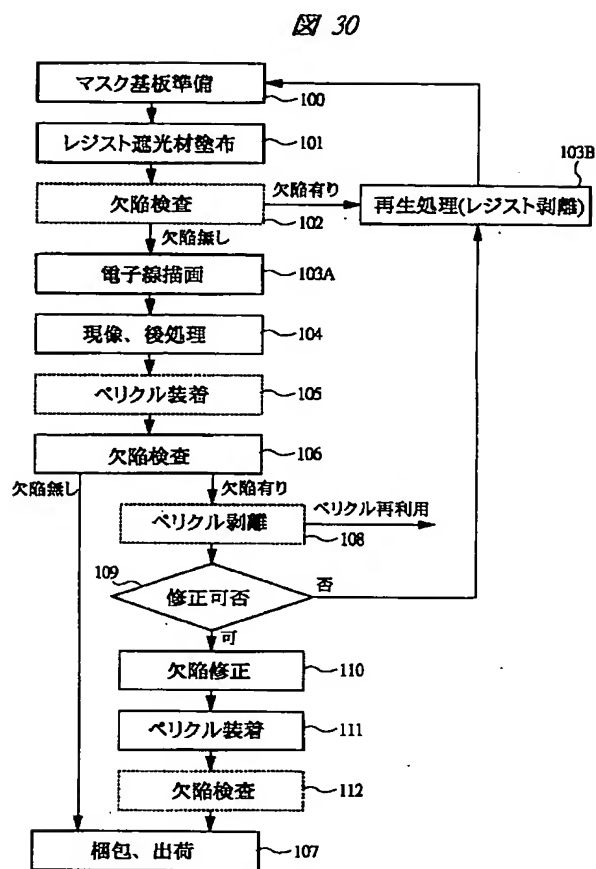
【図36】



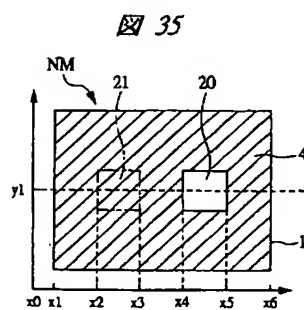
【図37】



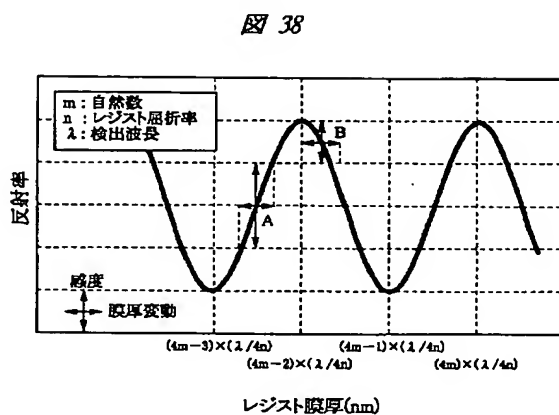
【図30】



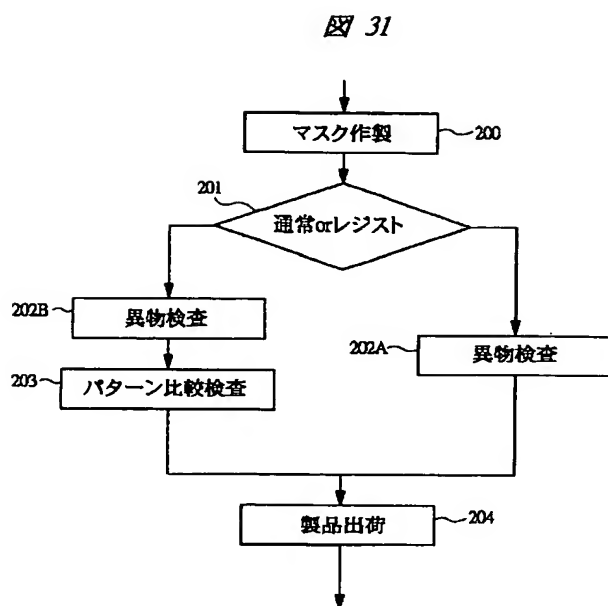
【図35】



【図38】



【図31】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

G 0 3 F 7/20

H 0 1 L 21/027

識別記号

5 2 1

F I

G 0 3 F 7/20

H 0 1 L 21/30

ターマコード' (参考)

5 2 1

5 0 2 P

(72)発明者 早野 勝也
東京都青梅市新町六丁目16番地の3 株式
会社日立製作所デバイス開発センタ内

(72)発明者 久保 真二
東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株
式会社日立製作所半導体グループ内

(72)発明者 古泉 裕弘
東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
大日本印刷株式会社内

(72)発明者 高谷 洋宣
東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
大日本印刷株式会社内

(72)発明者 法元 盛久
東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
大日本印刷株式会社内

Fターム(参考) 2H095 BC01 BC05 BC08 BC31 BD03
BD04 BD08 BD15 BD31